

유속지수법을 이용한 고리형 수위-유량관계 재현

Reproduce of Loop Stage-Discharge Relation by Index Velocity Method

김용전*, 이찬주**, 권성일***, 김원****

Yong Jeon Kim, Chan Joo Lee, Sung Il Kwon, Won Kim

요 지

유속지수법(index velocity method)은 수위-유량관계에 유속을 추가적인 지수로 이용하는 방법이며 현재 자동유량측정 방법으로 널리 사용되고 있는 기법이다. 유속지수법에 많이 사용되는 측정 장비는 초음파유량계와 Acoustic Doppler Velocity Meter(ADVM) 등으로 모두 연속적인 수위와 유속을 측정하여 시계열 유량 자료를 생산하기 때문에 고리형 수위-유량관계의 재현이 가능하다. 기존의 연구에서 유속지수법은 피산댐 하류에 적용되어 댐 방류량대비 평균 7%의 상대오차를 보였고, 시간에 따른 오차 발생이 적어 수위-유량관계에 비해 효율적으로 나타났다. 하지만 댐방류량에 의해 영향받는 구간에서는 고리형 수위-유량관계 재현에 한계를 나타냈다. 따라서 본 연구에서는 일반 자연하천인 임진강 적성지점에 ADVM을 설치하였고, 수위-단면적 관계와 평균유속(V_m)-지표유속(V_i) 관계를 수립하여 유속지수법에 의한 시계열 유량자료를 산정하였다. 산정된 유량자료는 측정 유량과 비교하여 정확도를 분석하였고, 시계열 유량자료로부터 고리형 수위-유량관계를 재현하였다. 2009년 6월부터 9월까지 운영된 ADVM 자료로부터 산정된 유속지수법 최대 유량은 $10,491m^3/s$ 였으며, 총 18회의 실측 유량과 비교한 유속지수법 유량은 평균 7%의 상대오차를 나타냈다. 시계열 자료로부터 재현된 고리형 수위-유량관계는 임진강 적성지점의 경우 수위관측소 수위 10m, 유량 $2,000m^3/s$ 부터 발생하였다. 2009년 8월 11일 침투유량 $8,000m^3/s$ 홍수 사상에서 발생한 고리형 수위-유량관계의 경우 수위 14m에서 $1,230m^3/s$ 의 유량차이를 보였고, 동일한 유량 $6,000m^3/s$ 에서 1.2m의 수위차이를 보였다. 2009년 8월 26일 침투유량 $10,000m^3/s$ 에서 발생한 고리형 수위-유량관계에서도 마찬가지로 수위 16m에서 $1,670m^3/s$ 의 유량차, 유량 $8,000m^3/s$ 에서 수위 1.3m의 차이를 나타냈다. 이와 같이 유속지수법은 기존의 수위-유량관계가 가지는 한계점을 보완하여 고리형 수위-유량관계 재현이 가능하기 때문에 보다 정확한 유량 산정이 가능할 것으로 판단된다.

핵심용어 : 유속지수법, 고리형 수위-유량관계, ADVM

1. 서론

현재 우리나라에서는 ADVM, UVM, LSPIV등을 이용한 자동유량측정이 이루어지고 있다(김용전 등 2009, 김치영 등 2004, 김서준 등 2007). 이러한 자동유량측정은 연속적인 수위와 유속을 제공하여 시계열 유량 자료를 생산하기 때문에 고리형 수위-유량관계의 재현이 가능하다. 기존의 연구에서 ADVM을 피산댐 하류에 적용하여 고리형-수위유량관계를 재현한 결과 댐방류량에 의해 고리형 수위-유량관계 재현에 한계를 나타냈다. 따라서 본 연구에서는 일반 자연하천인 임진강 적성지점에 ADVM을 설치하였고, 수위-단면적 관계와 평균유속(V_m)-지표유속(V_i) 관계를 수립하여 유속지수법에 의한 시계열 유량자료를 산정하였다. 산정된 유량자료는 측정 유량과 비교하여 정확도를 분석하였고, 시계열 유량자료로부터 고리형 수위-유량관계를 재현하였다.

* 한국건설기술연구원 수자원환경연구본부 하천·해안항만연구실 연구원·E-mail : wasu3ri@kict.re.kr

** 한국건설기술연구원 수자원환경연구본부 하천·해안항만연구실 연구원·E-mail : c0gnitum@kict.re.kr

*** 한국건설기술연구원 수자원환경연구본부 하천·해안항만연구실 연구원·E-mail : ksi1973@kict.re.kr

**** 한국건설기술연구원 수자원환경연구본부 하천·해안항만연구실 책임연구원·E-mail : wonkim@kict.re.kr

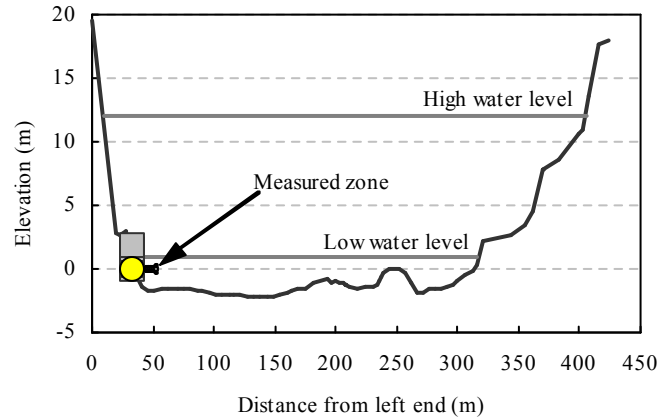
2. 유속센서 설치 및 운영

2.1 ADVM의 현장 설치

본 논문에서 ADVM을 설치한 하천은 임진강 적성수위관측소 인근으로 Sontek Argonaut-Side Looking 1.5MHz의 ADVM을 EL 7.27m에 설치하였다(그림 1).



(a) Sontek Argonaut-SL

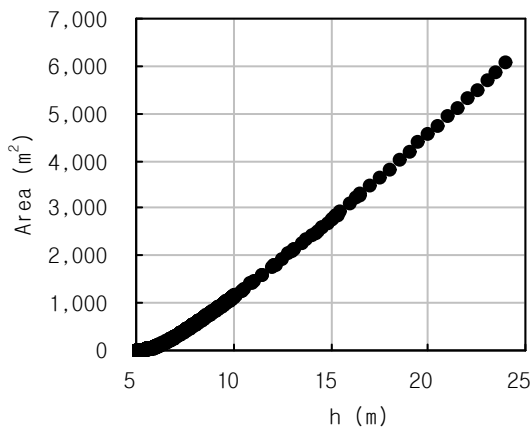


(b) ADVM 설치 단면

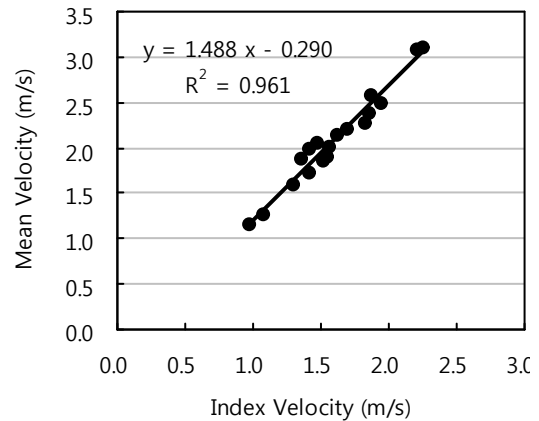
그림 1 임진강 적성지점에 설치된 ADVM

2.2 지표유속(V_i) - 평균유속(V_m)관계 수립

2009년 6월부터 9월까지 총 18회 실측한 유량자료와 수위-단면적 관계로부터 지표유속-평균유속 사이의 관계를 수립하였다. 수위-단면적관계 수립 결과 급격한 수위-면적 관계 변화지점은 없다(그림 2a). 실측 유량 자료와 수위 - 단면적관계로부터 계산된 평균유속과 지표유속 사이의 관계는 모든 경우에서 지표유속(V_i)보다 평균유속(V_m)이 다소 높게 측정되었다(그림 2b). 이는 지표유속의 유속 측정 영역이 단면의 좌안 주변부에 위치하기 때문으로 판단된다.



(a) 수위-단면적 관계

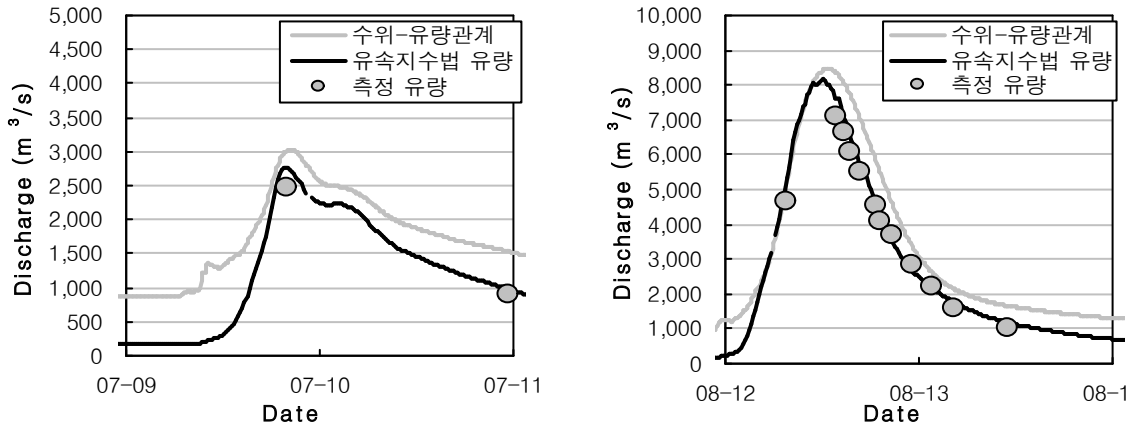


(b) 지표유속(V_i) - 평균유속(V_m)관계

그림 2 임진강 적성지점에서 설치한 유속센서 개발 결과

3. 유속지수법을 이용한 시계열 유량 자료 생산 및 실측 유량과 비교

그림 2b에서 개발한 지표유속-평균유속 관계식으로부터 임진강 적성지점 시계열 유량자료를 생산하였다(그림 3). 2009년 7월 9일부터 11일 침두유량 약 $3,000\text{m}^3/\text{s}$ 사상의 경우 실측 유량 대비 평균 11%의 유량차이를 나타냈으며, 수위-유량관계법 유량과는 평균 21%의 유량차이를 보였다. 8월 12일부터 14일 홍수사상의 경우(침두유량 $8,000\text{m}^3/\text{s}$) 실측 유량 대비 평균 4%, 수위-유량관계법 유량 대비 평균 18%의 유량 차이를 보였다.

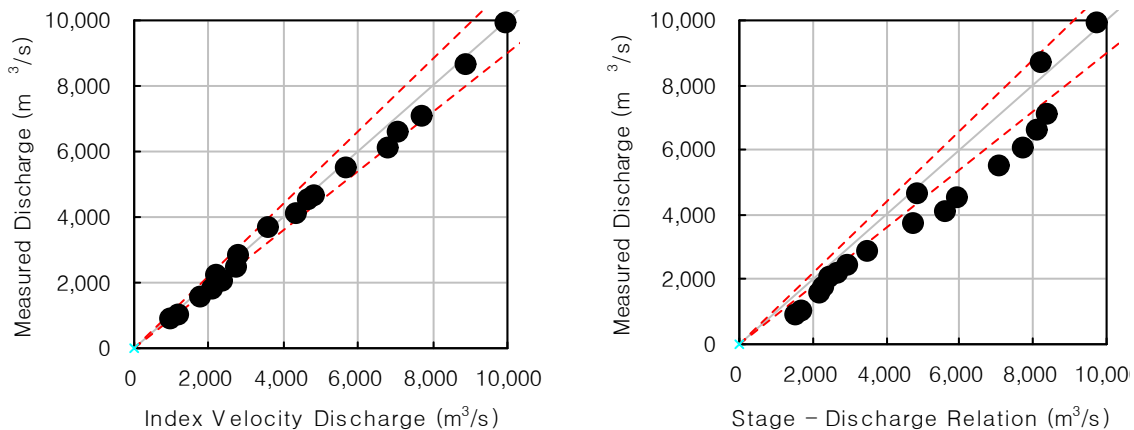


(a) 7월 9일부터 11일 홍수사상

(b) 8월 12일부터 14일 홍수사상

그림 3 임진강 적성지점에서 설치한 유속센서 개발 결과

총 18회 실측한 유량자료와 유속지수법으로 산정된 시계열 유량자료 비교 결과 평균 7%의 상대오차를 보였으며, 수위-유량관계 유량과 비교한 시계열 유량자료의 상대오차는 15%로 나타났다(그림 4).



(a) 측정유량-유속지수법 유량 간 비교

(b) 수위유량관계-유속지수법 유량 간 비교

그림 4 실측유량 및 수위-유량관계법 유량과 유속지수법 유량간 비교

4. 고리형 수위-유량관계 재현

연속적인 수위, 유속 자료로부터 산정된 시계열 유량자료를 이용하여 임진강 적성지점의 고리형 수위-유

량관계를 재현하였다(그림 5). 2009년 8월 11일 사상, 8월 26일 사상에서 나타난 적성지점의 고리형 수위-유량관계는 관측소 수위 10m, 유량 $2,000m^3/s$ 부터 재현되었다.

8월 11일 사상의 경우 동일수위 14m에서 약 $1,230 m^3/s$ 의 유량차이가 발생하였으며, 26일 홍수사상에서는 수위 16m에서 약 $1,670 m^3/s$ 의 유량차이가 발생함을 보였다. 또한, 8월 12일 유량 $6,000 m^3/s$ 에서 수위 13.5m, 14.8m로 1.3m의 수위차를 보여 동일한 유량에 대한 가장 큰 수위차를 보였다.

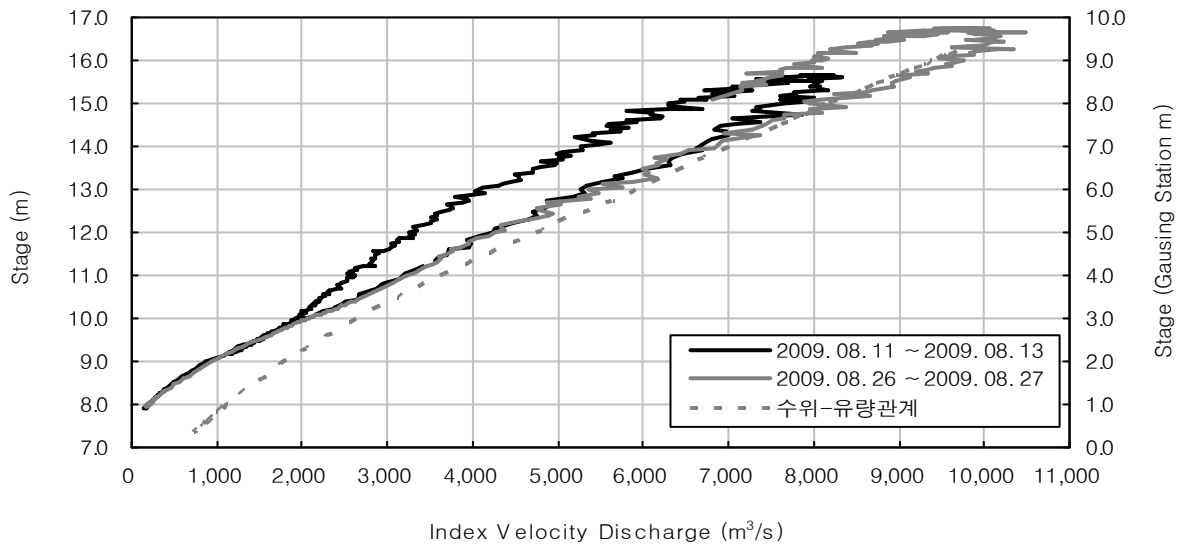


그림 5 임진강 적성지점에 나타난 고리형 수위-유량관계

5. 요약 및 결론

(1) 큰 규모의 자연하천에 속하는 임진강 적성지점에 유속지수법 개발을 위해 연중 상시 측정 가능한 유속센서를 설치하였다.

(2) 유속지수법 산정을 위해 현지 지형 정보를 수집하여 수위 - 단면적 관계를 산정하였고, 지표유속(V_i) - 평균유속(V_m)관계 수립을 위해 총 18회 유량 실측을 하였다.

(3) 지표유속(V_i) - 평균유속(V_m) 관계를 수립하여 연속적인 유량자료들을 산정하였다.

(4) 유속센서를 이용하여 산정된 유속지수법 유량과 실측 유량간 상대오차 분석 결과 평균 7.1%로 나타났다. 수위 - 유량관계법과 비교한 상대오차는 15.1%로 나타났다.

(5) 유속센서를 통해 재현된 임진강 적성지점의 고리형 수위 - 유량관계는 수위 10m, 유량 $2,000m^3/s$ 에서부터 나타났으며, 8월 11일 수위 14m에서 약 $1,230 m^3/s$ 의 유량차이를 보였고, 8월 26일 수위 16m에서 유량 $1,670 m^3/s$ 의 차이를 보였다. 또한 8월 11일의 경우 유량 $6,000m^3/s$ 에서 수위 1.3m 차이를 보였다.

본 연구를 통해 유속지수법을 이용할 경우 홍수시 발생하는 고리(loop)형 수위-유량 관계를 잘 재현할 수 있는 것으로 나타났다. 이를 통해 기존의 일대일 대응형의 수위-유량관계가 가지는 한계점을 보완하여 정확한 유량 산정이 가능할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호 2-1-3)에 의해 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 김서준, 윤병만, 류권규, 주용우(2007). LSPIV기법을 이용한 탄천(대곡교) 유량측정. 2007년도 한국수자원학회 학술발표회, pp. 911-915.
2. 김용진, 이찬주, 김동구, 김원(2009). 유속지수법을 이용한 자동유량측정. 2009년도 한국수자원학회 학술발표회, 99. 1845-1849.
3. 김치영, 윤광석, 김동구, 김원(2004). 초음파 유량측정 시스템에 의한 유량측정. 2004년도 한국수자원학회 학술발표회, pp. 1198-1202.